

明 細 書

化成処理性に優れた熱延鋼板およびその製造方法

技術分野

本発明は、鋼板の塗装下地処理として化成処理を行う際、化成被膜を鋼板全面に均質に生成することのできる、化成処理性に優れた熱延鋼板およびその製造方法に関するものである。

背景技術

自動車ボディの電着塗装など、金属表面を塗装する際、下地処理として化成処理が行われている。化成処理は、金属表面を不活性な化成被膜で覆うことによって、その上に施される塗膜の密着性と耐食性の向上を図るものである。

また、自動車の軽量化と安全性の観点から高強度薄鋼板が使用され、足回り部材などには、冷延鋼板よりも安価な熱延鋼板が使用されている。

熱延鋼板は熱間圧延および酸洗工程を経て製造され、酸洗工程では、鋼板表面の酸化スケールが塩酸酸洗により除去される。

化成処理性を向上させた高強度熱延鋼板とその製造方法に関しては従来より次のような提案がなされている。例えば、特開平11-50187号公報には、鋼板の表面と内部のSi濃度比を1.3以下とすることで、化成処理性劣化と、それによる塗装後の耐食性劣化の問題を解決した高強度熱延鋼板が開示されている。Si濃度比を上記のようにする手段としては、酸洗後の熱延鋼板を研削するなどにより表面に存在するSi酸化物を低減することが示されている。

また、特開平10-1748号公報には、鋼板の表層と内部のビッカ-

ス硬さの比を0.95以下とすることで、化成処理性と加工性を向上させた高強度熱延鋼板が開示されている。対象はTi添加鋼であり、鋼板表面の析出物を、化成処理性を劣化させるTi酸化物 TiO_2 に替えて炭化物とすることで、硬さの比を上記のようにしている。 TiO_2 は整合な微細析出物となって鋼板の硬さを高くするのに対して、 TiC は非整合で鋼板の硬さを低くするからとされ、その手段には熱延条件が示されている。

特開平11-50187号公報

特開平10-1748号公報

発明の開示

熱延鋼板の塗装下地処理として化成処理を行った場合、特にSi含有量の高い鋼では、化成被膜の生成されない「スケ」と呼ばれる部位が顕微鏡観察で認められることがある。このような部位は、肉眼観察でサビの発生が認められるようになり、サビが認められなくても、塗装後、時間経過に伴い塗膜剥離などの問題が生じる。

上記特開平11-50187号公報の技術は鋼板の表面と内部のSi濃度比を、特開平10-1748号公報の技術は表面と内部の硬さ比を、それぞれ特定範囲に限定することで化成処理性の向上を図っている。このため、これら技術を熱延鋼板の製造ラインに適用する際には、鋼板内部についての測定が必要となり、品質管理上の測定に課題が生じる。ちなみに前者では表面から0.5mm研削した位置の測定値を内部のSi濃度とし、後者では表面から厚さの1/4の深さ位置の測定値を内部の硬さとしている。また特許文献1の技術は、鋼板表面を研削する工程が必要となる。特許文献2の技術は、Si含有量を0.8質量%以下にしたTi添加鋼を対象とし、熱延条件により析出物の状態を制御する特殊なものである。

そこで本発明が解決しようとする課題は、Si含有量を高めた高強度熱延鋼板において、塗装下地処理で化成被膜を鋼板全面に均質に生成できるようにし、鋼板製造では新たな工程を付加することなく、品質管理も容易にすることである。

そこで発明者は、化成処理性向上について鋭意検討した結果、鋼板表面の酸化物濃度や鋼板表面の性状、特に凹凸や粗度に着目し、鋼板表面の酸化物のSi、Mn濃度を規定し、酸洗でのピッチティングや粗度を特定範囲とすることで、化成処理性が極めて向上することを見出した。本発明は、この知見を具現化したもので、熱間圧延および酸洗工程を経て製造された鋼板であって、成分組成が質量%で、

C : 0.03~0.15%、 Si : 0.8~3.0%、
Mn : 0.5~3.0%、 P : 0.07%以下、
S : 0.01%以下、 Al : 0.015~0.1%、
N : 0.001~0.008%

を含有し、残部がFeおよび不可避免的不純物からなり、鋼板表面の酸化物が質量%で、Si濃度3.5%以下、Mn濃度3.5%以下であることを特徴とする化成処理性に優れた熱延鋼板である。

また、熱間圧延および酸洗工程を経て製造された鋼板であって、成分組成が質量%で、

C : 0.03~0.15%、 Si : 0.8~3.0%、
Mn : 0.5~3.0%、 P : 0.07%以下、
S : 0.01%以下、 Al : 0.015~0.1%、
N : 0.001~0.008%

を含有し、さらに、

Ti : 0.02~0.3%とNb : 0.01~0.5%の一方または双方と、
Cu : 0.2~1.8%およびNi : 0.1~2.0%と、
Mo : 0.05~0.5%と、

B : 0.0002～0.006%と、

Ca : 0.0005～0.005%

を単独または組合せて含有し、残部がFeおよび不可避免の不純物からなり、鋼板表面の酸化物が、質量%で、Si濃度3.5%以下、Mn濃度3.5%以下であることを特徴とする化成処理性に優れた熱延鋼板である。

上記各本発明鋼板において、鋼板表面の平均粗さRaが $3.0\mu\text{m}$ 以下で、かつ酸洗による直径 $1\mu\text{m}$ 以下、 $0.3\mu\text{m}$ 以上のピッチングの数が、1辺 $10\mu\text{m}$ の柵目で鋼板表面を分割したときの各柵目内に平均5個以下であるのが好ましい。

また、上記課題を解決するための本発明法は、上記本発明の熱延鋼板を製造する際の酸洗工程において、質量%でHCl濃度が7～15%、Feイオン濃度が4～12%、残部がFe以外の金属イオンおよび不純物からなる水溶液に、溶液温度 $80\sim 98^{\circ}\text{C}$ にて40秒以上浸漬することを特徴とする化成処理性に優れた熱延鋼板の製造方法である。

また、上記本発明の好ましい態様の熱延鋼板を製造する際の酸洗工程において、質量%でHCl濃度が7～15%、Feイオン濃度が4～12%、残部がFe以外の金属イオンおよび不純物からなる水溶液に、液温 $80\sim 95^{\circ}\text{C}$ にて、40秒以上で、HCl濃度（質量%）×浸漬時間（秒）が520以下となる範囲の時間浸漬することを特徴とする化成処理性に優れた熱延鋼板の製造方法である。

また、上記各本発明法において、前記水溶液中に、質量%で0.5～5%の HNO_3 を含有させるのが好ましい。

発明を実施するための最良の実施形態

本発明において、鋼板の成分組成は、自動車の下回り部材などに使用できる高強度と高加工性を有し、併せて優れた化成処理性を有

するよう、上記範囲に限定した。その限定理由は次のとおりである。各元素の割合は全て質量%である。

Cは0.03%未満では伸びが低くなり、0.15%を超えると耐食性が低下する。

Siは0.8%未満では強度および伸びが低くなり、3.0%を超えると酸洗性が低下する。

Mnは0.5%未満では伸びが低くなり、3.0%を超えると酸洗性が低下する。

Pは0.07%を超えると穴広げ性が低下し、また伸びなどの機械的性質が低下する。

Sは0.01%を超えると耐食性が低下する。

Alは、0.015%未満では鋼板表面にSiやMnの酸化物が生成しやすくなって化成処理性が低下し、0.1%を超えると耐食性が低下する。

Nは0.001%未満では化成処理性が低下し、0.008%を超えると伸びが低下する。

本発明の鋼板は、上記成分のほか、必要に応じて次の成分を単独または組合せて含有することもできる。強度をさらに向上させる場合、TiとNbの一方または双方を添加することができる。その場合、Tiは0.02%未満では炭窒化物形成による強度向上の作用が少なく、添加による機械的強度向上効果が確保できない。0.3%を超えて添加しても強度上昇の効果が飽和する。

Nbは0.01%未満では強度向上の作用が少なく、添加による機械的強度向上効果が確保できない。0.5%を超えて添加しても強度上昇の効果が飽和する。

強度をさらに向上させる場合、Cuを添加し、必要に応じて450～650℃程度の温度に加熱する熱処理を行うこともできる。その場合、

Cuが0.2%未満では効果が小さく、1.8%を超えて添加しても効果が飽和する。Cuを添加する場合、熱間加工時の鋼板の割れを防止するため、併せてNiを添加する。このNiの効果は0.1%以上で発揮され、2.0%で飽和する。

強度をさらに向上させる場合、Moを添加することもできる。その場合、Moが0.05%未満では炭化物形成による強度向上の作用が少なく、添加による機械的強度向上の効果が確保できない。0.5%を超えて添加しても強度上昇の効果が飽和する。

また、窒素による時効を低減し、穴広げ性の向上のためにBを添加することもできる。その効果は、Bを0.0002%以上添加すると発揮され、0.006%で飽和する。

また、MnS形成による穴広げ性の低下を防止するためにCaを添加することもできる。その効果は、Caを0.0005%以上添加すると発揮され、0.005%で飽和する。

本発明熱延鋼板は、このような成分組成からなる鋼板表面の酸化物が、質量%で、Si濃度3.5%以下、Mn濃度3.5%以下である。

熱間圧延および酸洗工程を経て製造された熱延鋼板は、表面酸化スケールが酸洗除去されるが、Si含有量の高い鋼板では、外観上酸化スケールが全面除去されていても、部分的に酸化物が残存している。本発明は、この酸化物を上記のような状態にすることで、化成処理性の問題を解決した。

化成処理は、鋼板表面に付着している油を脱脂処理で取り除いた後、化成処理液に所定時間浸漬することで行われる。この処理で、鋼板からFeイオンが処理液中に溶出して溶液の成分と反応し、Fe, Zn, P, Oなどを含む化合物で構成される化成結晶粒の核が多数生じ、それらが生長して、鋼板の全面を覆う被膜になる。このとき、10 μ m以下の微細な化成結晶粒を全面均一に付着させることが必要

とされ、この付着状態が悪く、前記「スケ」と呼ばれる非付着部位が存在すると、塗装時における塗膜の密着不良や、塗装後の耐食性低下といった問題が生じる。

鋼板のSi含有量が高くなると、熱延後の表面スケールにSi含有量の高い酸化物が多くなり、通常の塩酸酸洗では、鋼板表面に残存しやすい。Si含有量の高い酸化物が残存した鋼板を化成処理すると、「スケ」と呼ばれる非付着部位が生じやすい。この現象から、Si含有量の高い酸化物の残存部位では、化成処理時にFeイオン溶出が遅れ、化成結晶粒の生成反応が遅れて、前記スケになると考えられる。また、Mn含有量の高い酸化物が残存しても、同様にスケが生じやすい。

本発明の熱延鋼板は、酸洗後の鋼板表面に酸化物が残存していても、該酸化物のSi濃度が3.5質量%以下、Mn濃度が3.5質量%以下であるため、化成処理におけるFeイオン溶出の遅れがない。したがって、酸化物のない部位と同程度に核が生長して10 μ m以下の微細な化成結晶粒となり、酸化物全体の表面を覆い、鋼板全面均一に微細な化成結晶粒からなる化成被膜が付着して形成され、スケ発生を回避することができる。

本発明鋼板の表面状態は、EPMAにより鋼板表面の酸素分布などから酸化物を判別し、そのSi濃度およびMn濃度を分析することによって判定することができる。EPMAによる鋼材表面のSiやMnの分析は、通常、15kVの加速電圧をかけて行われる。この場合、鋼板最表面から3 μ m程度の深さまでの濃度が検出される。

しかし、この条件でも表面酸化物層の厚さや表面粗さなどにより、3 μ mよりも深部の情報まで検出されることがあり、地鉄のSi、Mnが含まれる場合もある。本発明においては、加速電圧15kVでのEPMAによるSi、Mnの分析値がそれぞれ3.5質量%以下であればよく、

酸化物のみの濃度でなくともよい。鋼板表面がこのような状態であれば、化成処理性が良好であることを確認している。

上記各本発明鋼板において、化成処理で微細な化成結晶粒からなる被膜が鋼板全面均一に形成されても、化成処理後にサビが発生する場合がある。本発明者らは、このようなサビが発生した鋼板および発生しなかった鋼板を詳細に調査した。その結果、鋼板の表面粗さとミクロな穴がサビ発生に関係しており、ミクロな穴は酸洗による生じたピittingであった。

鋼板表面の凹凸が大きい場合やミクロな穴が多数存在すると、化成処理液に浸漬して引き上げた鋼板を水洗する際、凹部にある化成処理液が残存し、鋼板からFeイオンの溶出が続いてサビになると考えられる。

そして、鋼板表面の平均粗さRaが $3.0\mu\text{m}$ 以下で、かつ酸洗によるピittingの数が、1辺 $10\mu\text{m}$ の柵目で鋼板表面を分割したときの各柵目内に平均5個以下であれば、化成処理後にサビが発生しないことが判明した。平均3個以下であればより好ましい。ピittingは直径 $1\mu\text{m}$ 以下、 $0.3\mu\text{m}$ 以上の穴である。サビ発生は、化成処理後に水洗および乾燥を行った直後に肉眼観察で認められ、乾燥直後にサビ発生のなかった鋼板は、その後もサビ発生が見られない。

尚、ピittingと鋼板表面の平均粗さRaの測定は、鋼板から全幅×長さ500mm程度のサンプルを切り出したとき、その両エッジから150mmの位置と幅方向中心の3箇所の表面について、 $100\mu\text{m}\times 100\mu\text{m}$ の範囲を1辺 $10\mu\text{m}$ の柵目で分割して測定する。鋼板表面の平均粗さRaについても同じ位置の平均粗さRaを測定する。平均粗さRaの測定はJIS B0601の算術平均粗さの方法に基づいて測定した。平均粗さRaの測定器は触針式粗度計が好ましく、(株)ミットヨの

“SURFTEST SV-400”で測定した。

次に本発明法は、上記本発明鋼板を製造するための酸洗方法である。鋼板表面の酸化物を、質量％にてSi濃度3.5％以下、Mn濃度3.5％以下とする酸洗条件は、質量％にてHCl濃度が7～15％、Feイオン濃度が4～12％、残部がFe以外の金属イオンおよび不純物からなる水溶液に、溶液温度80～98℃にて40秒以上浸漬する条件である。

この条件による酸洗は、通常の熱延板酸洗工程において問題なく行うことができ、鋼板表面のスケールが適正に除去されて化成処理性に優れた熱延鋼板が得られる。

HCl濃度が7％未満、Feイオン濃度が4％未満、溶液温度が80℃未満、浸漬時間が40秒未満では、Si濃度およびMn濃度が3.5％を超える酸化物が鋼板表面に残存する。HCl濃度が15％超、Feイオン濃度が12％超、溶液温度が98℃超では、酸洗による鋼板表面の肌荒れが発生し、化成処理性が低下する。好ましくは、溶液温度を85～95℃にして酸洗するのが効果的である。

また本発明法で、鋼板表面の平均粗さRaが $3.0\mu\text{m}$ 以下、酸洗によるピットイングの数が、1辺 $10\mu\text{m}$ の枠目で鋼板表面を分割したときの各枠目内に平均5個以下である状態とする酸洗条件は、上記本発明条件をさらに限定し、液温80～95℃にて、40秒以上で、HCl濃度（質量％）×浸漬時間（秒）が520以下となる範囲の時間浸漬する条件である。

この条件による酸洗も、通常の熱延板酸洗工程において問題なく行うことができ、鋼板表面のスケールが適正に除去されて、より化成処理性に優れた熱延鋼板が得られる。

溶液温度が95℃超では、また、HCl濃度（質量％）×浸漬時間（秒）が520超となる範囲の時間浸漬すると、酸洗後の鋼板表面粗さがRaで $3.0\mu\text{m}$ を超え、また、酸洗によるピットイングの数が上記

範囲を超えてしまい、化成処理後にサビ発生のおそれが生じる。

また上記酸洗溶液に硝酸を加え、 HNO_3 濃度を0.5～5%とすることも効果的である。この場合、 HNO_3 によって酸洗効果がより促進される。 HNO_3 を添加した場合、好ましくは、溶液温度を80～90℃にして酸洗するのが効果的である。 HNO_3 濃度が0.5%未満では効果が現れず、5%を超えると肌荒れが生じる。

実施例

表1に示す成分の熱延鋼板を表2に示す条件で酸洗したのち、化成処理性を判定した。

表1の比較例は、*印の成分が本発明範囲を外れている。熱延におけるスラブ加熱温度は1200℃、熱延仕上げ温度は880℃、ホットランテーブルで390℃まで冷却後、390℃で巻き取り、室温まで冷却した。酸洗は、切板を実験用酸洗槽に浸漬して行った。

表2の*印は本発明法の条件を外れていることを示す。また表2のctは、 HCl 濃度（質量%）×浸漬時間（秒）の値である。

表3に結果を示す。SiおよびMnの濃度は、EPMAにて加速電圧15kVで分析したものである。

化成処理は、切板について実験槽を用い、実際の化成処理と同様の方法で行った。すなわち、脱脂後、表面調整液に30秒浸漬した後、化成処理液（日本パーカライジング社製PBWL35）に浸漬して120秒の処理を行い、水洗、乾燥した。化成処理性の判定は、化成被膜を施した鋼板表面のSEM観察によるスケ有無、および乾燥直後の肉眼観察によるサビ発生有無で行った。また鋼板の機械的特性を示した。

表3において、本発明例のNo. 1～No. 6およびNo. 11～No. 26は、いずれも化成処理後のスケ無、サビ発生無であり、優れた化成

処理性が得られた。No. 18～No. 26は、特殊元素を添加したものである。No. 18～No. 23は引張り強さの向上がみられる。No. 18はTi添加、No. 19およびNo. 20はTiおよびNb添加、No. 21およびNo. 22はCuおよびNi添加、No. 23はMo添加の効果である。No. 24およびNo. 25はCa添加による穴広げ率の向上、No. 26はB添加による穴広げ率の向上がみられる。

本発明例の酸洗条件は、表2の条件A～Eに示すように、いずれもHCl濃度×浸漬時間(ct)が520以下であって、微細な化成結晶粒からなる被膜が形成された部位にもサビ発生が見られなかった。

比較例No. 7～10は、酸洗条件が本発明条件から外れている。No. 7の条件Fは浸漬時間が不足、No. 8の条件Gは溶液温度が低く、No. 9の条件HはHCl濃度が低く、いずれも酸化物のSi濃度が3.5%を超え、化成処理後にスケ有であった。No. 10の条件IはFeイオン濃度が高く、酸化物のSi濃度およびMn濃度が3.5%を超え、化成処理後にスケ有、サビ発生有であった。

比較例No. 27～No. 33は、鋼板の成分が本発明範囲から外れている。No. 27はC量が高く、サビ発生有であった。No. 28はSi量が高くて表面酸化物のSi濃度が3.5%を超え、No. 29はMn量が高くて表面酸化物のMn濃度が3.5%を超え、いずれもスケ有、サビ発生有であった。No. 30はS量が高く、No. 31はAl量が低く、いずれも表面酸化物のSi, Mn濃度は低くても、サビ発生有であった。No. 32はN量が低く、表面酸化物のSi, Mn濃度が低くても、スケ有、サビ発生有であった。No. 33はP量が高く、Si, Mn濃度が低くても、サビ発生有であった。

産業上の利用可能性

本発明は、化成処理性を向上させるために、従来技術のようなSi

含有量の低減を要しないので、自動車の軽量化および安全性確保のため等に使用される高強度高加工性熱延鋼板において、他の添加元素を使用しなくても強度や加工性を損なうことがない。また、通常 of 熱延工程および酸洗工程を経て、酸洗条件を調整するだけで製造することができる。さらに、鋼板表面のSi濃度およびMn濃度を適正範囲にすればよいので、品質管理も容易である。

表 1

区分	化学成分 (mass%)								
	鋼No.	C	Si	Mn	P	S	AL	N	その他
発明例	1	0.03	0.9	1.5	0.006	0.003	0.021	0.0021	-
発明例	2	0.1	2.3	1.9	0.006	0.002	0.015	0.0034	-
発明例	3	0.15	1.8	1.8	0.005	0.001	0.021	0.0018	-
発明例	4	0.12	3	0.5	0.006	0.003	0.02	0.0025	-
発明例	5	0.11	1.3	1.3	0.006	0.003	0.018	0.001	-
発明例	6	0.12	1.3	1.3	0.07	0.003	0.045	0.0022	-
発明例	7	0.12	1.2	3	0.006	0.01	0.032	0.0021	-
発明例	8	0.12	1.2	1.3	0.006	0.002	0.1	0.008	-
発明例	9	0.04	0.9	1.4	0.006	0.001	0.015	0.0029	-
発明例	10	0.04	0.9	1.4	0.007	0.001	0.018	0.0033	Ti:0.28
発明例	11	0.04	0.8	1.5	0.007	0.002	0.03	0.0032	Ti:0.09, Nb:0.01
発明例	12	0.03	0.9	1.5	0.007	0.002	0.026	0.0022	Ti:0.02, Nb:0.5
発明例	13	0.11	1.3	1.5	0.007	0.003	0.042	0.0035	Cu:0.2, Ni:0.1
発明例	14	0.11	1.3	1.3	0.005	0.002	0.024	0.0037	Cu:1.8, Ni:2.0
発明例	15	0.04	0.9	1.5	0.007	0.003	0.021	0.0019	Mo:0.05
発明例	16	0.04	0.9	1.5	0.007	0.001	0.021	0.0024	Ca:0.0002
発明例	17	0.04	0.9	1.5	0.006	0.003	0.045	0.0033	Ca:0.0027
発明例	18	0.04	0.9	1.5	0.006	0.002	0.018	0.0045	B:0.006
比較例	19	<u>0.19</u>	1.2	1.5	0.007	0.003	0.02	0.0023	-
比較例	20	0.15	<u>3.3</u>	1.1	0.006	0.002	0.035	0.0018	-
比較例	21	0.15	1.5	<u>3.2</u>	0.006	0.002	0.035	0.0018	-
比較例	22	0.15	1.5	3	0.006	<u>0.012</u>	0.035	0.0018	-
比較例	23	0.05	0.9	0.8	0.005	0.002	<u>0.009</u>	0.001	-
比較例	24	0.05	0.8	0.6	0.005	0.002	0.033	<u>0.0005</u>	
比較例	25	0.15	1.5	1.2	<u>0.09</u>	0.002	0.035	0.0018	-

*比較例は、下線の成分について、本発明範囲より外れている

表 2

区分	記号	酸洗条件					
		HCl濃度 (%)	Fe濃度 (%)	HN03濃 度(%)	液温 (℃)	時間 (sec)	HCl濃度(%) ×時間(s)
本発明	A	15	7	0	90	19	285
本発明	B	8	12	0	95	35	280
本発明	C	7	7	0	88	39	273
本発明	D	12.5	7	0.5	88	40	500
本発明	E	15	7	5	88	33	495
比較例	F	8	8	0	90	90	720
比較例	G	8	9	0	<u>70</u>	40	320
比較例	H	7	8	0	85	30	<u>210</u>
比較例	I	15	12	0	85	60	<u>900</u>

*比較例は、下線の条件について、本発明範囲より外れている

表 3

区分	No.	鋼 No.	酸洗 条件	表面元素濃度 (重量%)		表面状態		化成処理性		機械的特性	
				Si	Mn	表面 平均 粗さ Ra (μm) 1)	ピッ ティ ング 2)	スケ 有無	処理後 のサビ 発生 有無	引張 り強 さ (MPa)	穴広げ率 (%)
発明例	1	1	B	1.4	1.9	1.7	3	無し	無し	476	91
発明例	2	2	A	2.5	2	2.1	5	無し	無し	564	87
発明例	3	2	B	3.1	2.4	2.0	4	無し	無し	564	87
発明例	4	2	C	3.1	2.3	2.0	4	無し	無し	564	87
発明例	5	2	D	2.8	2.1	2.1	4	無し	無し	564	87
発明例	6	2	E	2.6	2	2.1	5	無し	無し	564	87
比較例	7	2	F	*3.6	2.5	2.2	11	有り	有り	564	87
比較例	8	2	G	*3.8	2.5	2.0	5	有り	有り	564	87
比較例	9	2	H	*3.6	2.6	2.0	5	有り	有り	564	87
比較例	10	2	I	*3.9	*3.7	2.2	8	有り	有り	564	87
発明例	11	3	B	2.6	2.8	1.7	5	無し	無し	663	36
発明例	12	4	B	3.4	0.8	2.2	4	無し	無し	705	31
発明例	13	5	B	1.8	1.8	1.5	3	無し	無し	651	33
発明例	14	6	B	1.9	1.6	1.4	3	無し	無し	686	28
発明例	15	7	B	1.9	3.5	1.4	3	無し	無し	715	26
発明例	16	8	B	2	1.6	1.4	3	無し	無し	709	30
発明例	17	9	B	2.1	1.9	1.2	4	無し	無し	491	84
発明例	18	10	B	1.5	2.2	1.2	3	無し	無し	675	55
発明例	19	11	B	1.4	2.3	1.2	3	無し	無し	741	58
発明例	20	12	B	1.4	2.2	1.2	3	無し	無し	685	63
発明例	21	13	B	1.5	2.3	1.4	3	無し	無し	701	33
発明例	22	14	B	1.6	2.1	1.4	3	無し	無し	766	30
発明例	23	15	B	1.4	2.2	1.3	2	無し	無し	522	85
発明例	24	16	B	1.5	2.2	1.2	3	無し	無し	492	92
発明例	25	17	B	1.6	2.1	1.3	2	無し	無し	499	98
発明例	26	18	B	1.6	2	1.3	2	無し	無し	496	90
比較例	27	19	B	1.9	2.1	1.2	4	無し	有り	692	28
比較例	28	20	F	*6.5	2.5	3.1	16	有り	有り	698	25
比較例	29	21	B	2.2	*4.3	1.9	4	有り	有り	695	26
比較例	30	22	B	2.6	3	1.4	4	無し	有り	705	25
比較例	31	23	B	1.6	1.2	1.3	3	無し	有り	556	85
比較例	32	24	B	1.4	1.5	1.3	2	有り	有り	550	88
比較例	33	25	B	2.6	1.8	1.4	3	無し	有り	684	24

1) Raは、JIS B0601の算術平均粗さの方法に基づいて測定した。
測定器は、(株) ミットヨの“SURFTEST SV-400”で測定

2) $10\mu\text{m}$ 角罫目の格子で鋼板表面を分割したとき

○：ピット部数が5個以下

×：ピット部数が6個以上

請 求 の 範 囲

1. 熱間圧延および酸洗工程を経て製造された鋼板であって、成分組成が質量%で、

C : 0.03~0.15%、 Si : 0.8~3.0%、
Mn : 0.5~3.0%、 P : 0.07%以下、
S : 0.01%以下、 Al : 0.015~0.1%、
N : 0.001~0.008%

を含有し、残部がFeおよび不可避免の不純物からなり、鋼板表面の酸化物が、質量%にて、Si濃度3.5%以下、Mn濃度3.5%以下であることを特徴とする化成処理性に優れた熱延鋼板。

2. 熱間圧延および酸洗工程を経て製造された鋼板であって、成分組成が質量%で、

C : 0.03~0.15%、 Si : 0.8~3.0%、
Mn : 0.5~3.0%、 P : 0.07%以下、
S : 0.01%以下、 Al : 0.015~0.1%、
N : 0.001~0.008%

を含有し、さらに、

Ti : 0.02~0.3%とNb : 0.01~0.5%の一方または双方と、
Cu : 0.2~1.8%およびNi : 0.1~2.0%と、
Mo : 0.05~0.5%と、
B : 0.0002~0.006%と、
Ca : 0.0005~0.005%

を単独または組合せて含有し、残部がFeおよび不可避免の不純物からなり、鋼板表面の酸化物が、質量%にて、Si濃度3.5%以下、Mn濃度3.5%以下であることを特徴とする化成処理性に優れた熱延鋼板。

。

3. 鋼板表面の平均粗さRaが $3.0\mu\text{m}$ 以下で、かつ酸洗による直径 $1\mu\text{m}$ 以下、 $0.3\mu\text{m}$ 以上のピッチングの数が、1辺 $10\mu\text{m}$ の柵目で鋼板表面を分割したときの各柵目内に平均5個以下であることを特徴とする請求項1または2記載の化成処理性に優れた熱延鋼板。

4. 請求項1または2に記載の熱延鋼板を製造する際の酸洗工程において、質量%にてHCl濃度が7～15%、Feイオン濃度が4～12%、残部がFe以外の金属イオンおよび不純物からなる水溶液に、溶液温度80～98℃にて、40秒以上浸漬することを特徴とする化成処理性に優れた熱延鋼板の製造方法。

5. 請求項3に記載の熱延鋼板を製造する際の酸洗工程において、質量%にてHCl濃度が7～15%、Feイオン濃度が4～12%、残部がFe以外の金属イオンおよび不純物からなる水溶液に、液温80～95℃にて、40秒以上で、HCl濃度（質量%）×浸漬時間（秒）が520以下となる範囲の時間浸漬することを特徴とする化成処理性に優れた熱延鋼板の製造方法。

6. 前記水溶液中に、質量%にて0.5～5%の HNO_3 を含有させることを特徴とする請求項4または5記載の化成処理性に優れた熱延鋼板の製造方法。